



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

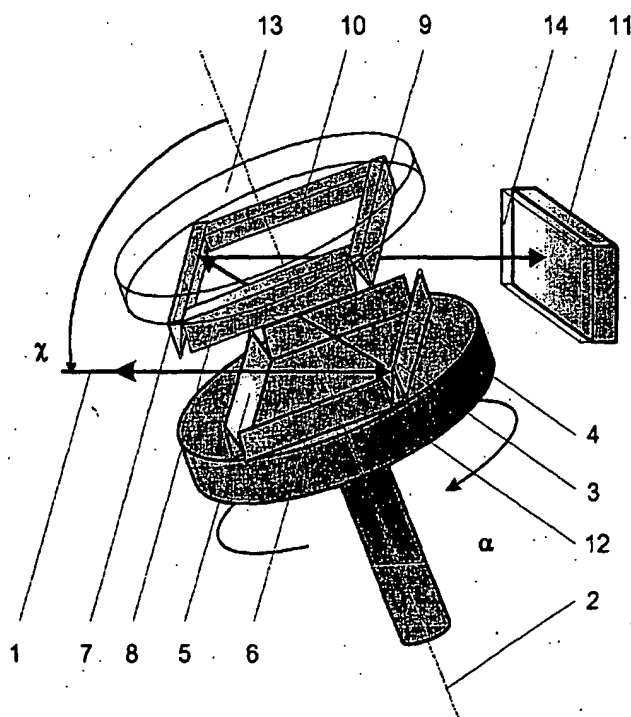
⑳ Aktenzeichen: 202 04 549.8  
㉒ Anmeldetag: 22. 3. 2002  
④⑦ Eintragungstag: 6. 6. 2002  
④③ Bekanntmachung  
im Patentblatt: 11. 7. 2002

DE 202 04 549 U 1

⑦③ Inhaber:  
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

⑤④ Periodisch arbeitender optischer Weglängenmodulator

⑤⑦ Optischer Weglängenmodulator zur periodischen Veränderung der optischen Weglänge eines Lichtstrahls in der optischen Interferometrie, Spektrometrie, Holographie oder Tomographie, bei dem der Lichtstrahl (1) durch eine rotierende Mehr-Spiegel-Anordnung geleitet wird, dessen Drehachse (2) unter einem Winkel von  $\alpha + 90^\circ$  zum eintreffenden Lichtstrahl (1) geneigt ist und dessen Spiegel paarweise so angeordnet sind, dass jeweils zwei raumdiagonal gegenüber liegende Spiegelflächen parallel zueinander sind und der Lichtstrahl (1) nach passieren dieser Mehr-Spiegel-Anordnung an einem Retroreflektor (11) in sich reflektiert wird, wobei die Mehr-Spiegel-Anordnung aus mehr als zwei Spiegelpaaren besteht.



BEST AVAILABLE COPY

DE 202 04 549 U 1

7588 DE-GM

2005

## Periodisch arbeitender optischer Weglängenmodulator

Diese Erfindung betrifft einen Weglängenmodulator zur periodischen  
5 Veränderung der optischen Weglänge eines Lichtstrahls in der optischen  
Interferometrie Spektrometrie, Holographie und Tomographie.

In der optischen Interferometrie, Spektrometrie, Holographie und Tomographie  
ist es eine immer wieder auftretende Aufgabe, die optische Weglänge in einem  
10 Strahlengang zu verändern. Das kann sowohl im Messstrahl als auch im  
Referenzstrahl der Messanordnung erfolgen.

Ein einfaches Beispiel für einen Weglängenmodulator ist ein in Strahlrichtung  
bewegter Reflektor, der einen auf eine Spiegelfläche auftreffenden Lichtstrahl in  
15 sich reflektiert. Als Reflektoren sind dabei Planspiegel oder Dachkantprismen  
bekannt. In der DE 297 12 337 U1 ist eine derartige Vorrichtung zur  
einstellbaren zeitlichen Verzögerung elektromagnetischer Strahlung,  
insbesondere von Lichtstrahlen beschrieben.

20 Bei einem periodisch arbeitenden Weglängenmodulator wird ein periodisch  
bewegtes optisches Bauelement als Reflektor benutzt um die Weglänge eines  
Lichtstrahls zu verändern. In der WO 92/19930 wird dabei ein Dachkantprisma  
als Reflektor benutzt. Nach Szydlo, J.; Delachenal, N.; Gianotti, R.; Wälti, R.;  
Bleuler, H.; und Salathe, R. P.: Opt. Commun. 154 (1998), S. 1 ff, kann dazu  
25 jedoch auch ein rotierender Glaswürfel genutzt werden.

Bei den Messtechniken der optischen Interferometrie, Spektrometrie,  
Holographie und Tomographie ist es andererseits aber auch oft erforderlich,  
eine im Messstrahl vorliegende Dispersion durch eine gleich große Dispersion  
30 im Referenzstrahl zu kompensieren. In diesem Fall muss im Messstrahl eine  
durch die optischen Medien des Messobjekts und die dort vorliegenden  
Weglängen bestimmte Dispersion gezielt nachgebildet werden. In gewissen

7588 DE-GM

2005

Fällen muss darüber hinaus die im Referenzstrahl realisierte Dispersion von der Weglängenänderung abhängig sein; in manchen Fällen muss sie wiederum Null sein. Dieser Forderung können die oben angeführten periodisch arbeitenden Modulatoren nicht genügen, weil sie die Weglängenmodulation in  
5 dispergierenden Medien realisieren. Dadurch sind Weglängenmodulation und Dispersionskompensation nicht unabhängig voneinander einstellbar.

Anordnungen bei denen der Lichtstrahl keiner Dispersionswirkung ausgesetzt wird, sind in den Patentanmeldungen UK 2 162 334 A, EP 0 171 836 A2 und  
10 DE 198 14 068 beschrieben. Bei diesen Lösungen legt der Lichtstrahl den gesamten Weg zwischen den Spiegeln in Luft zurück, so dass somit eine Dispersionswirkung praktisch gar nicht auftritt.

Ein wichtiges Kriterium bei allen Messtechniken der genannten Fachgebiete ist  
15 die Größe des sogenannten „duty cycle“. Darunter versteht man die von dem Messverfahren prozentual tatsächlich genutzte Messzeit, bezogen auf die vom Gerät dazu benötigte Zeitspanne. Mit größer werdendem „duty cycle“ verringern sich die Verluste der Messanordnung und das Signal-Rausch-Verhältnis wird verbessert, so dass genauere Ergebnisse geliefert werden.

20 Ein weiterer periodisch arbeitender dispersionsfreier Weglängenmodulator ist in der EP 0 634 636 A1 beschrieben. Hier werden beide Teilstrahlen, deren Wegdifferenz moduliert werden soll, auf ein rotierendes Doppelspiegelsystem gerichtet. Die beiden parallel zueinander orientierten Spiegel sind exzentrisch  
25 zur Drehachse angeordnet. Hier lassen sich zwar große „duty cycle“-Werte erreichen, jedoch ist wegen der Arbeitsweise dieses Modulators für eine Dispersionskompensation ein räumlich außerordentlich komplexes und nur schwer herstellbares dispergierendes Prisma erforderlich.

30 Die vorgenannten Lösungen haben jedoch die Nachteile, dass sie zum einen keine großen „duty cycle“-Werte erreichen und zum anderen eine

2005

7588 DE-GM

22.03.05

Dispersionsänderung oder -kompensation nicht oder mit einem extrem hohen Aufwand realisieren können.

Weiterhin sind dynamische optische Weglängenmodulatoren bekannt, bei denen der betreffende Lichtstrahl durch eine Spiegelanordnung geführt wird, die aus zueinander parallelen und um eine gemeinsame Achse rotierenden Spiegelpaaren besteht. Während in der DE 198 14 068 nur ein Spiegelpaar verwendet wird, sieht die DE 100 05 696 die Verwendung von zwei Spiegelpaaren vor, wobei die Spiegel eines Paares auf verschiedenen Trägerplatten raumdiagonal zueinander angeordnet sind. Durch die Anordnung von Planplatten oder Prismen im Strahlengang ist eine weglängenabhängige Dispersion möglich.

Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde einen optischen Weglängenmodulator zu entwickeln, welcher eine optische Weglängenänderung für Lichtstrahlen mit hoher Geschwindigkeit bei einer einstellbaren Dispersion ermöglicht und dabei einen hohen Wert für den „duty cycle“ aufweist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Weglängenmodulatoren die große Weglängen modulieren können gewinnen in den genannten Gebieten immer mehr an Bedeutung. Der erfindungsgemäße Mehr-Spiegel-Weglängenmodulator kann dies bei einem hohen „duty cycle“ verwirklichen, so dass eine breite Anwendung der Anordnung nahe liegt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben. Dazu zeigen:

7588 DE-GM

22.03.02

**Figur 1:** den Aufbau des erfindungsgemäßen Mehr-Spiegel-Weglängenmodulators als eine Variante mit 4 Spiegelpaaren und

**Figur 2:** den Aufbau des erfindungsgemäßen Mehr-Spiegel-Weglängenmodulators als eine Variante mit einem geschliffenen Glaskörper.

Der erfindungsgemäße optische Weglängenmodulator zur periodischen Veränderung der optischen Weglänge eines Lichtstrahls in der optischen Interferometrie, Spektrometrie, Holographie oder Tomographie ist in **Figur 1** als ein Mehr-Spiegel-Anordnung mit 4 Spiegelpaaren dargestellt. Dabei wird der Lichtstrahl 1 durch die Mehr-Spiegel-Anordnung geleitet und nach passieren dieser an einem Retroreflektor 11 in sich reflektiert. Die Drehachse 2 der Mehr-Spiegel-Anordnung ist dabei unter einem Winkel von  $\chi \neq 90^\circ$  zum eintreffenden Lichtstrahl 1 geneigt und dessen Spiegel paarweise sind so angeordnet, dass jeweils zwei raumdiagonal gegenüber liegende Spiegelflächen parallel zueinander sind. Die Reflektorflächen der Spiegel müssen relativ zur Drehachse 2 geneigt sein.

Der Lichtstrahl 1 trifft zunächst auf den Spiegel 3, wird von diesem auf den Spiegel 7 und von diesem weiter parallel zur ursprünglichen Richtung zu dem Retroreflektor 11 reflektiert. Vom Retroreflektor 11 wird der Lichtstrahl 1 über die selben Spiegel 3 und 7 in sich reflektiert. Nach einer Drehung des Weglängenmodulators um einen Winkel  $\alpha \neq 90^\circ$  wird der Lichtstrahl 1 von den Spiegeln 4 und 8 zum Retroreflektor 11 und zurück reflektiert. Die Spiegelflächen der Spiegel sind jeweils paarweise zueinander parallel (3 und 7, 4 und 8, 5 und 9, 6 und 10). Die Spiegel 3 bis 6 sind auf der Platte 12 befestigt, die Spiegel 7 bis 10 auf der Platte 13. Die beiden Platten 12 und 13 sind beispielsweise mittels Stegen (nicht dargestellt) verbunden.

Wie bereits erwähnt ist es in vielen Fällen zusätzlich erforderlich, dass die Wegstrecke die der Lichtstrahl 1 in dem Modulator durchläuft, einen festen

22.03.02

7588 DE-GM

22.03.02

Betrag von Dispersion aufweist. Dazu wird ein dispergierendes Medium wie Glas oder einer Flüssigkeit im Weg des Lichtstrahls 1 angeordnet. Bei der Variante nach Figur 1 wird vor dem Retroreflektor 11 eine Planplatte 14 entsprechender Dispersion oder eine mit einem Stoff entsprechender Dispersion gefüllte Küvette an. Dadurch wird ein fixer Betrag von Dispersion in den Lichtweg des Lichtstrahls 1 eingeführt.

In Figur 2 ist eine Mehr-Spiegel-Anordnung mit einem geschliffenen Glaskörper 17 dargestellt. Die Drehachse 2 des Weglängenmodulators ist dabei ebenfalls unter einem Winkel von  $\chi \neq 90^\circ$  zum eintreffenden Lichtstrahl 1 geneigt.

Der Glaskörper 17 ist symmetrisch, so dass die sich jeweils gegenüberliegenden und als Spiegel dienenden Flächen parallel zueinander sind (3 und 7, 4 und 8, 5 und 9, 6 und 10). Diese Flächen 3 bis 10 müssen ebenfalls relativ zur Drehachse 2 geneigt sein.

Der Lichtstrahl 1 trifft zunächst auf den Spiegel 3, wird von diesem auf den Spiegel 7 und von diesem weiter parallel zur ursprünglichen Richtung zum Retroreflektor 11 reflektiert. Vom Retroreflektor 11 wird der Lichtstrahl 1 über die selben Spiegel 3 und 7 in sich reflektiert. Nach einer Drehung des Weglängenmodulators um einen Winkel  $\alpha=90^\circ$  wird der Lichtstrahl 1 von den Spiegeln 4 und 8 zum Retroreflektor 11 und zurück reflektiert. Zur Befestigung und Handhabung des Glaskörpers 17 ist nur eine Platte 12 erforderlich.

Auch bei dieser Variante des Weglängenmodulator, kann ein dispergierendes Medium wie Glas oder eine Flüssigkeit im Weg des Lichtstrahls 1 angeordnet werden, um einen Betrag von Dispersion zu erzeugen. Die vom Glaskörper 17 erzeugte weglängenabhängige, dynamische Dispersion kann durch die Anordnung eines prismenförmigen Dispersionselementes 15, 16 verändert oder kompensiert werden. Hierzu werden flüssigkeitsgefüllte prismenförmige Küvetten oder Glasprismen eingesetzt. Wie aus Figur 2 ersichtlich kann je nach Orientierung des prismenförmigen Dispersionselementes 15 oder 16 eine mit

22.03.02

7588 DE-GM

22.03.05

der Weglänge abnehmende (15) oder eine zunehmende Dispersion (16) realisiert werden.

- Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird ein optischer Mehr-Spiegel-
- 5    Weglängenmodulator zur Verfügung gestellt, der gegenüber vergleichbaren Anordnungen große Weglängenänderungen für Lichtstrahlen, mit einer hohen Geschwindigkeit, bei einem großen „duty cycle“ ermöglicht. Als besonders vorteilhaft bei dieser Anordnung ist die Möglichkeit anzusehen, auftretende Dispersionen durch die zusätzliche Anordnungen entsprechender optischer
- 10    Elemente zu verstärken, abzuschwächen oder zu kompensieren.

22.03.05 11:11

7588 DE-GM

22.03.05

**Patentansprüche**

1. Optischer Weglängenmodulator zur periodischen Veränderung der optischen Weglänge eines Lichtstrahls in der optischen Interferometrie, Spektrometrie, Holographie oder Tomographie, bei dem der Lichtstrahl (1) durch eine rotierende Mehr-Spiegel-Anordnung geleitet wird, dessen Drehachse (2) unter einem Winkel von  $\chi \neq 90^\circ$  zum eintreffenden Lichtstrahl (1) geneigt ist und dessen Spiegel paarweise so angeordnet sind, dass jeweils zwei raumdiagonal gegenüber liegende Spiegelflächen parallel zueinander sind und der Lichtstrahl (1) nach passieren dieser Mehr-Spiegel-Anordnung an einem Retroreflektor (11) in sich reflektiert wird, wobei die Mehr-Spiegel-Anordnung aus mehr als zwei Spiegelpaaren besteht.
2. Optischer Weglängenmodulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spiegel als Flächen eines Glaskörpers (17) ausgeführt, oder auf zwei Trägerplatten (12, 13) paarweise angeordnet sind, so dass jeweils zwei raumdiagonal gegenüber liegende Spiegelflächen parallel zueinander sind.
3. Optischer Weglängenmodulator nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Retroreflektor (11) zusätzlich ein Dispersionselement mit planparallelen Flächen (14) angeordnet ist.
4. Optischer Weglängenmodulator nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Dispersionselement mit planparallelen Flächen (14) eine flüssigkeitsgefüllte Küvette oder eine Planplatte ist.

22.03.05 11:14



7588 DE-GM

22.03.02

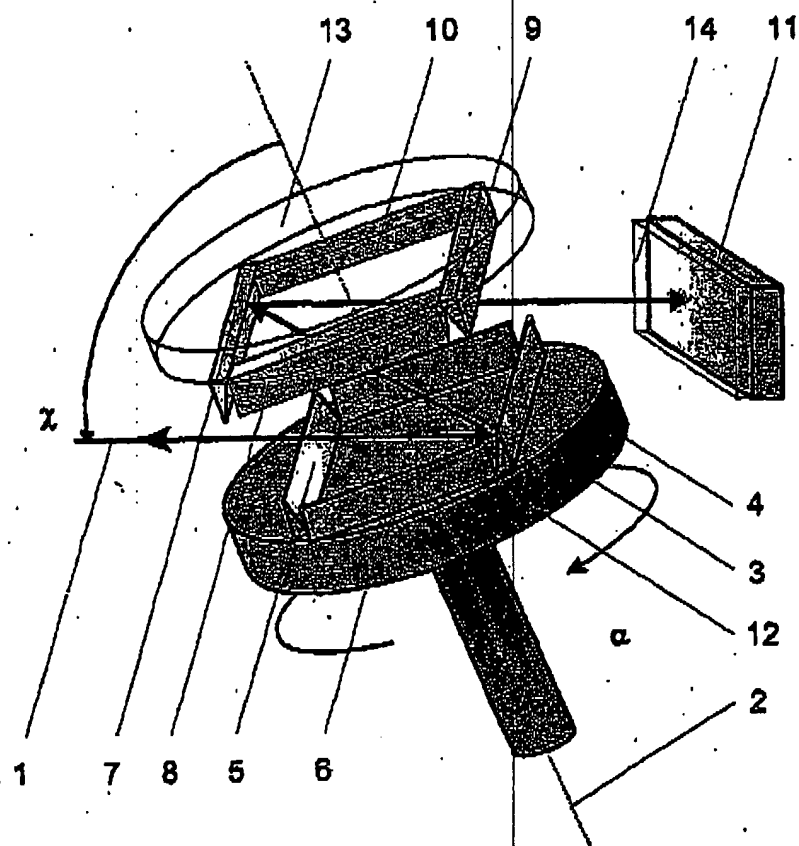
5. Optischer Weglängenmodulator nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Retroreflektor (11) zusätzlich ein prismenförmiges Dispersionselement (15 und 16) angeordnet ist.
6. Optischer Weglängenmodulator nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das prismenförmige Dispersionselement (15 und 16) eine flüssigkeitsgefüllte prismenförmige Küvette oder ein Prisma ist.

15

mp 01078363339

7588 DE-GM

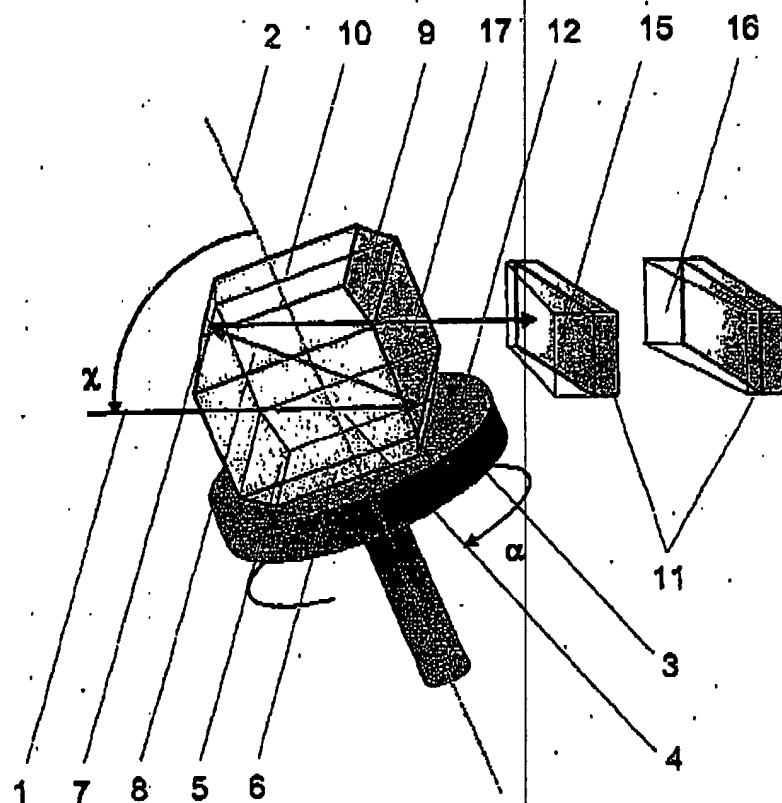
22.03.02



Figur 1

7588 DE-GM

22.03.02



Figur 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents: will not correct the image  
problems checked, please do not report these problems to  
the IFW Image Problem Mailbox.**